

学校编码: 10384

分类号\_\_\_\_\_密级\_\_\_\_\_

学号: 200334042

UDC \_\_\_\_\_

厦门大学

硕 士 学 位 论 文

厦门海域疏浚物环境污染治理技术研究

——厦门西海域疏浚物重金属含量与赋存形态研究

Environmental Innovation Technology Research on Dredged  
Materials of Xiamen Bay

——Content and Partitioning of Heavy Metals in Dredged  
Materials of Xiamen Western Bay

叶 歆

指导教师姓名: 景 有 海 副教授

专 业 名 称: 环 境 工 程

论文提交日期: 2006 年 5 月

论文答辩日期: 2006 年 6 月

学位授予日期: 2006 年 月

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评 阅 人: \_\_\_\_\_

2006 年 5 月

# 厦门大学学位论文原创性声明

兹呈交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文产生的权利和责任。

声明人（签名）：

年 月 日

# 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人完全了解厦门大学有关保留、使用学位论文的规定。厦门大学有权保留并向国家主管部门或其指定机构送交论文的纸质版和电子版，有权将学位论文用于非赢利目的的少量复制并允许论文进入学校图书馆被查阅，有权将学位论文的内容编入有关数据库进行检索，有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

本学位论文属于

1、保密（ ），在 年解密后适用本授权书。

2、不保密（ ）

（请在以上相应括号内打“√”）

作者签名：

日期： 年 月 日

导师签名：

日期： 年 月 日

## 摘要

本论文着重研究了厦门西海域拟疏浚物中重金属的含量和赋存形态,探讨了化学试剂浸提和曝气法去除重金属的可行性,为建立后续的去污染方案提供科学依据。主要研究结论如下:

(1) 厦门西港海区拟疏浚物中大部分重金属的含量较均匀,低于马銮湾和筭筭湖底泥中的重金属含量。与南方珠江口、深圳湾接近,高于北方胶州湾。与国外其他港湾相比,其含量水平明显较低。

(2) 采用潜在生态危害指数法对厦门西海域拟疏浚物重金属污染现状进行了评价,结果表明:其潜在生态危害效应较小。

(3) 采用连续提取法分析了厦门西港拟疏浚物中 Zn、Pb、Cu、Ni、As、Cd、Cr、Hg、Fe、Mn 的赋存形态。结果表明,各重金属元素的活性态占总形态 90%左右,具有对环境造成二次污染的潜在危险。

(4) EDTA 和草酸铵、醋酸铵复合浸提作用以及 EDTA、草酸单一浸提作用,对 Cu、Pb、Zn、Cd 浸提效果较好。各试剂单一和复合作用对 Cr、Ni 的浸出率普遍不高(20%左右)。在 2.5L/min 的曝气强度下,以 0.2mol/L 草酸作为浸提剂(固液比 1:50)的重金属浸出效果最好,对 Cu、Zn、Cd、Cr、Ni 的浸出率分别达到 93.08%、89.36%、78.95%、44.93%和 65.66%。

**关键词:** 拟疏浚物; 重金属; 生态危害; 化学浸提

## Abstract

Total contents and partitionings of heavy metals in tentatively dredged materials of Xiamen western bay were studied with the aim to development of conventional decontamination technology. The main discovery could be drawn as follow:

(1) The distributions of heavy metals in the sediments of Xiamen western port were average, although that from Maluan Bay and Yuandang Lake were somewhat higher. The contamination degree of heavy metals in Xiamen western bay was about the same level of pearl river estuary and Shenzhen bay in the south, slightly higher than Jiaozhou bay in the north and was apparently lower than some larger ports in western countries.

(2) The potential ecological risk index was used to assess the pollution effect of heavy metals. The assessment result indicated that the ecological risk for most heavy metals belonged to light potential ecological risk during drought and flood.

(3) Sequential chemical extraction procedure proposed by Koersten and Foerstner was used to analyze the partitioning of Zn、Pb、Cu、Ni、As、Cd、Cr、Hg、Fe、Mn in the sediments of Xiamen western port. The results showed that the bioavailable (anthropogenetic) fractions of most heavy metal accounted for 90% indicating a potentially environment risk of these contaminants.

(4) In the chemical extraction experiments, comparing with multiple groups of single and complex treating, it was found that the extraction effects of EDTA with ammonium oxalate, ammonium acetate for complex treating and EDTA、oxalic acid for single treating were effective for Cu、Pb、Zn、Cd. The extraction ratios of Cr、Ni were lower (ca. 20%). In the aeration condition of 2.5L/min, using 0.2 mol/L oxalic acid at 1:50 solid/liquid ratio, the extraction ratios of Cu、Zn、Cd、Cr、Ni were 93.08%、89.36%、78.95%、44.93% and 65.66%, respectively.

**Key words :** dredged materials;heavy metals;ecological assessment;chemical extraction

## 目 录

摘要 .....	I
Abstract .....	II
第一章 绪 论 .....	1
1.1 厦门西海域疏浚概况及环境特征 .....	1
1.1.1 厦门西海域地理环境特征 .....	1
1.1.2 厦门西海域沉积环境特征 .....	3
1.1.3 厦门西海域疏浚概况 .....	3
1.1.4 目前厦门疏浚物处置方法 .....	3
1.2 疏浚物及其特征 .....	4
1.3 目前疏浚物的处置方法 .....	4
1.3.1 吹填造地 .....	4
1.3.2 海洋倾废及其对环境和经济产生的影响 .....	5
1.4 国内外对疏浚物去污染处理及其综合利用研究概况 .....	6
1.4.1 国外对疏浚物去污染处理及其综合利用研究进展 .....	6
1.4.2 国内对疏浚物去污染处理及其综合利用研究概况 .....	13
1.5 沉积物中重金属污染 .....	13
1.5.1 沉积物中重金属主要来源 .....	14
1.5.2 沉积物中重金属迁移转化规律 .....	14
1.6 论文研究目的及内容 .....	15
参考文献: .....	16
第二章 厦门西海域拟疏浚物中重金属含量分析 .....	20
2.1 采样 .....	20
2.1.1 采样站位 .....	20
2.1.2 采样时间 .....	21
2.2 样品的处理及分析 .....	21
2.2.1 样品的处理 .....	21

2.2.2 样品的分析测定.....	22
<b>2.3 结果与讨论.....</b>	<b>23</b>
2.3.1 枯洪两季厦门西海域拟疏浚沉积物中重金属的含量比较.....	23
2.3.2 厦门西海域拟疏浚沉积物中重金属总量水平.....	24
2.3.3 重金属元素间相关性分析.....	28
2.3.4 厦门西海域拟疏浚沉积物中重金属的分布特征.....	29
<b>2.4 结论.....</b>	<b>30</b>
<b>参考文献: .....</b>	<b>31</b>
<b>第三章 厦门西海域拟疏浚物中重金属生态风险评价.....</b>	<b>33</b>
3.1 沉积物中重金属生态风险评价方法.....	33
3.2 厦门西海域拟疏浚物潜在生态风险性评价.....	34
3.2.1 潜在生态危害指数法.....	34
3.2.2 厦门西海域拟疏浚物潜在生态风险性评价结果.....	35
<b>3.3 结论.....</b>	<b>38</b>
<b>参考文献: .....</b>	<b>38</b>
<b>第四章 厦门西海域拟疏浚物中重金属赋存形态分析.....</b>	<b>40</b>
4.1 材料与方法.....	41
4.1.1 主要仪器与试剂.....	41
4.1.2 供试样品.....	41
4.1.3 EPA 3050B 消解法.....	41
4.1.4 连续提取法.....	42
<b>4.2 结果与讨论.....</b>	<b>43</b>
4.2.1 连续提取法可靠性验证.....	43
4.2.2 重金属的赋存形态分布特征分析.....	44
<b>4.3 结论.....</b>	<b>47</b>
<b>参考文献: .....</b>	<b>48</b>
<b>第五章 厦门西海域拟疏浚物中重金属浸提试验.....</b>	<b>50</b>
5.1 化学试剂 TCLP 翻转浸提实验.....	50
5.1.1 主要仪器与试剂.....	50

5.1.2 供试样品.....	51
5.1.3 实验装置.....	51
5.1.4 实验方法.....	51
5.1.5 结果与讨论.....	51
<b>5.2 曝气法实验 .....</b>	<b>56</b>
5.2.1 主要仪器与试剂.....	56
5.2.2 供试样品.....	56
5.2.3 实验装置.....	56
5.2.4 实验方法.....	56
5.2.5 结果与讨论.....	57
<b>5.3 化学试剂浸提效果与重金属赋存形态 .....</b>	<b>58</b>
5.3.1 草酸浸出.....	58
5.3.2 草酸铵浸出.....	60
5.3.3 EDTA 浸出 .....	61
<b>5.4 结论.....</b>	<b>62</b>
<b>参考文献: .....</b>	<b>63</b>
<b>第六章 结论及建议.....</b>	<b>64</b>
6.1 结论.....	64
6.2 建议与不足.....	65
<b>致 谢 .....</b>	<b>66</b>



## 第一章 绪 论

随着全球经济的发展,水运需求的不断扩大,船舶逐渐向大型化发展,建设深水港、内陆水道和港口航道的拓宽和浚深已势在必行<sup>[1, 2]</sup>。全球各大港口每年均需疏浚数以千万立方米的沉积物。据统计,全国沿海地区疏浚物的产生量由1997年的3000多万立方米迅速增加到本世纪初的1亿多立方米,其数量还在不断增长,造成沿海疏浚物的处理任务十分艰巨<sup>[3]</sup>。

由于日益增长的人类活动将生活污水,工业废物、重金属、油类及放射性物质等污染物排入近海或港口,污染物通过物理、化学等作用进入近海沉积物中,使疏浚物不同程度地受到了污染。其中痕量污染物对海洋环境和人类健康带来了潜在危害。这不是个别国家存在的环境问题,而是全球性的环境问题<sup>[4]</sup>。在目前陆地空间资源有限的情况下,如何安全处理并合理利用日益增长的疏浚物,使之变废为宝,直接关系到人类的生存环境和社会与经济的可持续发展。

### 1.1 厦门西海域疏浚概况及环境特征

#### 1.1.1 厦门西海域地理环境特征

厦门西海域包括厦门西港、筭筭湖和马銮湾。

厦门西港位于厦门岛以西、嵩屿——鼓浪屿——厦港避风坞连线以北。以火烧屿—东渡为界,将整个港湾分为东渡北湾和东渡南湾。南北长约14km,水域面积为52km<sup>2</sup>。两侧岸线曲折,岬湾相间排列。南北宽而中间窄,成哑铃状,是集航运、旅游、养殖、纳污多功能为一体的单口半封闭性海湾。厦门西港为半日潮区,潮差约4m,潮流从厦门外港由南向北进入厦门西港。以东渡海峡为界可分为南、北两大部分,南部潮流流速较大,迁移扩散能力较强;北部流速较小,迁移扩散能力较差。西港水深大多超过10m,最深达30m。海底起伏不平,覆盖层厚度不等,并有基岩裸露。其沉积物以粉砂质粘土为主,且由北到南含沙量逐渐减少,粒度由细变粗<sup>[5-7]</sup>。

筭筭湖位于厦门岛西部,与厦门西港有物质能量交换。过去是城市天然避风海湾,称筭筭港。港湾面积约为15km<sup>2</sup>,二十世纪70年代的围海造地,使筭筭港成为基本封闭的内湖,改称筭筭湖。该湖曾经受到严重的工业污染,在经过一

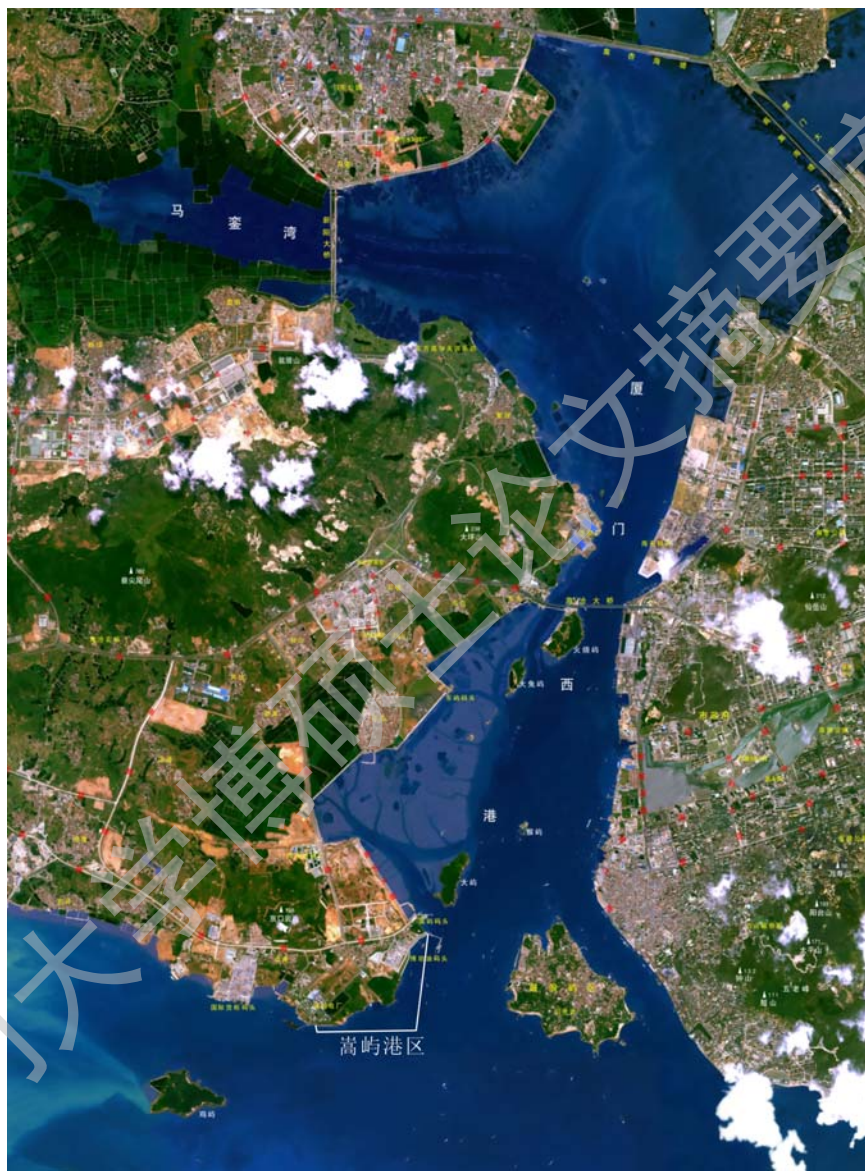


图 1-1 厦门西海域地理位置

期、二期治理工程的完工、湖区景观工程的配套完成后,湖区环境质量得到了改善<sup>[8]</sup>。

马銮湾位于厦门西港的西侧,是一个与西港基本没有水交换的封闭水体,是水产养殖密集区。湾内面积仅为 $3.36\text{km}^2$ 。由于水产养殖业的无序、单一、高密度的养殖,导致养殖海域自身有机污染严重、富营养化现象突出<sup>[9, 10]</sup>。

### 1.1.2 厦门西海域沉积环境特征

厦门西海域沉积物中氧化物矿物含量最高(平均达46%),其次为硅酸盐矿物(平均含量近40%)。根据红柱石、黑云母、褐铁矿及赤铁矿等矿物向北伸展的分布特征,推测西港区该类物质由南往北运移。另外,根据红柱石分布特征,可以推测筭筭湖入海物质主要向南运移,但也有少量物质向北运移。西海域的粘土矿物主要有伊利石、高岭石、绿泥石及蒙脱石。该区域粘土矿物的分布没有大的变化,其主要来源于港湾周围的陆源碎屑。

厦门西港等内港区 Eh 值普遍较低,一般在 70mV 以下,属还原环境区。Eh 值分布与沉积物关系密切。凡是砂质粗颗粒沉积物,其 Eh 值较高。而泥砂质细颗粒沉积物的 Eh 值较低。西港 Eh 值的变化还与生物量的分布有一定关系,底栖生物量高和养殖场附近的沉积物的 Eh 值较低。

pH 值的分布特征反映了海水与淡水对沉积物的影响,凡淡水对沉积物影响较强的区域,其 pH 值相对较低,反之则高。厦门西海域呈中性偏碱,其分布面积较广,反映出该区域的海水交换条件不好<sup>[7]</sup>。

### 1.1.3 厦门西海域疏浚概况

厦门港码头每年固定的疏浚量为  $50\times 10^4\text{m}^3$  左右,每隔 3 到 5 年还要对航道进行全面的疏浚,平均每年的疏浚量约  $150\sim 200\times 10^4\text{m}^3$ 。目前厦门西海域整治疏浚的量约为  $1500\times 10^4\text{m}^3$ ,加上马銮湾开发的清淤量,合计约为  $2000\sim 2500\times 10^4\text{m}^3$ 。疏浚物的发生量相当大,清淤的倾废成本高达 2 亿元以上。

### 1.1.4 目前厦门疏浚物处置方法

厦门海洋管区于1988年建立厦门第一个国家批准的海洋倾废区—白坑厦门港第三类疏浚物倾废区;1995年又在浯屿建立了一个临时倾废区;2003年国家又批准了“二进浅滩(东碇岛附近)海洋倾废区”。白坑倾废区和浯屿临时倾废区

将停止使用，今后所有疏浚物必须运到二进浅滩海洋倾废区倾倒。目前疏浚及倾废的费用约为9~10元/立方米（其中倾废成本约占6~7元），若运到二进浅滩海洋倾废区倾倒，每立方米成本至少需增加2~3元。可见倾废成本很高。

## 1.2 疏浚物及其特征

疏浚物是为了疏通航道、码头建设以及维护水体的功能，从内河航道、湖泊或海岸地区清挖出的沉积物。疏浚物可以根据粒径的大小分为砾、砂、粉砂和粘土4种，通常由三种或三种以上砂土组成，并混合着岩石、碎片、一些大碎片以及某些有机物质。河口海区的疏浚泥以粉砂粘土为主，且有机质含量较高，反之，非河口海区尤其是离入海江河较远的海区，砾砂的比例高而有机质含量相对较低<sup>[3]</sup>。

由于人类活动日益增长，大量生活污水、工业废水、重金属、油类及有机物质等污染物排入水体，污染物通过吸附、沉降、生物富集等作用进入沉积物中，使沉积物不同程度地受到了污染。由于粘土、淤泥等细微颗粒易附着污染物质，沉积物富集的浓度可达到大粒径碎片的10到100倍<sup>[11]</sup>，因此沉积物受污染程度明显高于上覆水体。

疏浚物含水量通常较高，一般多在70%以上，多为液限含水量的1.2-2.0倍。其强度很低，一般呈泥状，车辆搬运困难<sup>[3, 4, 11, 12]</sup>。

## 1.3 目前疏浚物的处置方法

目前处置大量疏浚物主要通过两种方法进行。一是吹填造地，二是海洋倾废<sup>[12]</sup>。

### 1.3.1 吹填造地

吹填造地就是在需要填方的地区修建围堰，然后将疏浚物吹填在内的方法。由于疏浚物含水量比较大，而且由于疏浚施工的扰动，其强度非常低，为了使其变为良好的材料，减少其中的水分是最为直接的方法。自然晾晒是最简单的方法，适于可长期闲置土地的工程，如长江口航道疏浚工程，珠江八大口门整治工程等，像杭州西湖的部分疏浚工程就采用堆泥场自然干化的方法，但由于场地、时间和气候等方面的影响一般实施较为困难。在国外，最为常见的是机械脱水，就是采

用离心脱水机或压滤机进行脱水。较早的机械脱水工厂的工作能力一般较小,难以适应大规模、大量疏浚工程的要求,近几年通过技术开发,已经制造出具有400 m<sup>3</sup>/h脱水能力的机械。但机械脱水处理存在脱水工厂是固定式、一次性投资较高,而且经过脱水处理后的疏浚物有时仍需要进行二次处理才能满足工程要求的缺点。

疏浚物吹填造地比较适应沿海城市化的需求。但是随着沿海城市化和疏浚物中有害污染物含量的增加,吹田施工往往出现泥水向围堰外部扩散的现象,产生二次污染,而且以粘土为主的细颗粒疏浚物吹填造地,承载力低,在使用时需要花费昂贵的地基处理费用<sup>[3, 4, 11, 12]</sup>。

### 1.3.2 海洋倾废及其对环境和经济产生的影响

#### 1.3.2.1 海洋倾废

海洋倾废是指利用船舶、航空器、平台和其他运载工具向海洋倾倒疏浚物和其他废弃物质;向海洋弃置船舶、航空器、平台和其他海上人工构造物;向海洋处置由于海底矿物资源的勘探开发及与勘探开发相关的海上加工所产生的废弃物和其他物质的行为<sup>[1]</sup>。由于它的排污量占整个海洋排污的1/10左右,是世界公认的五大污染源之一<sup>[13]</sup>。海洋倾倒区是指由主管部门或经主管部门授权的机构,按规定程序划定专门用于接受倾倒废弃物的海区。

#### 1.3.2.2 海洋倾废对环境和经济产生的影响

海洋倾废活动,本来是人类社会的发展过程中利用海洋的一种行为。海洋的自净能力也为这种利用提供了科学依据。但是,随着世界人口的剧增,工业化程度地不断提高,这种倾倒活动对海洋的污染损害越来越严重。这使得海洋沉积物中含有大量的城市、工业和港口污染物,而且海洋倾倒区大部分设置在近海海域,而这些海域又大多是海洋捕捞、水产养殖、幼鱼幼虾保护和各类经济活动活跃的重要区域,因此疏浚物的倾倒会影响其他海洋资源的有效利用并产生一系列的环境问题<sup>[14]</sup>。例如:①疏浚物和其他废弃物质在海中倾倒后产生的浚土悬浊物。其中大粒子迅速沉降,微粒子悬浮、扩散、浮游。悬浊物的增加降低了海水的透明度,从而减弱海种植物的光合作用。悬浊物的沉降将埋没底栖生物以致死亡,从而导致底质有机物含量过高,造成底质环境缺氧<sup>[15, 16]</sup>。②疏浚物中污染物溶出。在水动力条件、沉积物承受能力或其他外界条件(如氧化还原条件、pH等)

逐渐改变等累积效应的诱发下,储藏在疏浚物中的重金属等有害物质可能再次活化而释放到水体中,形成二次污染<sup>[17]</sup>。

为了保护污染日趋严重的近岸海域海洋环境,倾废区的选择逐渐向外海转移,这样就增加了倾废的运输费用,使疏浚物的海洋倾废成本不断提高,增加了倾废的财务负担。另外,疏浚物海洋倾废面临着现有倾废区由于使用多年,容量日趋饱和,难以容纳未来大型工程疏浚物的倾废等问题<sup>[11-14]</sup>。

## 1.4 国内外对疏浚物去污染处理及其综合利用研究概况

### 1.4.1 国外对疏浚物去污染处理及其综合利用研究进展

将疏浚物中污染物去除后转化为再生资源,是一种有效合理的方法,可以减少疏浚物海洋倾废的数量,减缓海洋倾废区紧张的状况,排除港口、航道、海岸海洋工程建设的障碍,从根本上解决疏浚物倾废与海洋环境和资源保护的矛盾。同时可以解决受污染较为严重、不允许海洋倾废的疏浚物的处理处置问题。于是国际上于上个世纪90年代中、后期开始进行疏浚物去污染处理及其综合利用研究,其中美国、加拿大、日本及欧洲各国等已经取得了一定的研究成果<sup>[4, 18-21]</sup>。

疏浚物的去污染技术始于美国,并且得到迅速发展。过去,美国的疏浚物处置多数也采取海洋倾废的方法,但从1992年开始,美国国家环保局(EPA)开始实施疏浚物管理程序,并支持开展疏浚物的去污染处理及其综合利用研究,欧洲各国也同时开展了此项研究。美国EPA和新泽西州政府在十年时间内投入上千万美元支持疏浚物的去污染处理及其综合利用研究,参加单位包括联邦政府EPA、新泽西州政府EPA、纽约州政府和新泽西州政府的其他相关部门、Brookhaven国家实验室、Montclair州立大学以及相关的许多大学和研究所。目前该方面的研究已取得一系列成果,疏浚物的去污染费用已大幅度降低(费用约0.4~0.6美元/立方米)。经去污处理后的疏浚物可进行综合利用,如制造建筑装饰的地砖和墙砖等,美国从2001年底开始进入商业化运行试验阶段<sup>[4]</sup>。

疏浚物处理技术取决于污染物的毒性、挥发性、与其他物质发生反应的能力,以及对生态系统的危害和其迁移转化能力。污染物质一般分为重金属(Cd、Cr、Hg、Ni、Zn、Pb、Cu等),金属有机物(甲基汞、三丁基锡等),有机物(PAHs、PCBs、furans、有机氯农药、石油碳氢化合物等)。

按疏浚物处理技术去除污染物的原理不同,分为三类:①破坏底泥中的污染物或将其转化为低污染的物质,包括焚烧、热解、高温高压氧化、玻璃化、化学处理和生物降解等技术;②污染物与底泥固相分离技术,使底泥中的污染物与固相分离后进入气相或液相进一步处理,包括浮选法、淋洗法、超声波降解法和电动力学法等技术;③污染物的稳定固化技术,利用水泥将污染物与固相紧密结合,使污染物失去或降低其迁移性,从而降低其对环境和人类的危害<sup>[22]</sup>。各种去污染技术各有优缺点,且能有效处理的污染物种类也有限制。例如电动力学法主要针对重金属与疏浚物的分离,生物降解法则主要针对有害有机物的降解。以下按照去除污染物的三种原理,分类举例详述。

#### 1.4.1.1 降低疏浚物中污染物含量的处理技术

##### (1) 热解吸

热解吸是通过蒸发或分解来去除有机污染物及部分重金属。蒸发是由污染物的沸点决定,几乎所有的有机物在 850℃ 时都可以达到沸点或者分解。从热解去除污染物的经验来看,温度介于 500~600℃ 时有机污染物去除率可到 99% 以上<sup>[23]</sup>。但是在这个温度下,重金属除了汞以外,其他的重金属均不能被去除。热解法的处理费用为 35~1000 美元/吨<sup>[24]</sup>。

1992 年荷兰 Johan Rienks<sup>[23]</sup>采用焚烧炉设备进行实验室规模的热解,温度为 550~600℃。汞、六氯苯、PCB、呋喃和二氧芑的去除率达 90%~95%。有机成分的去除率为 92%~99%。该方法处理费用非常高,因此没有进一步进行实验研究。Johan Rienks 从 1992 年开始采用旋转炉和流化床设备进行实验室研究,经过 5 年的实验,证实了这两种设备是最可行的处理设备。在实验室研究成果的基础上,开始进行大规模处理试验,试验主要考虑处理设备的容量、预干燥及污染物释放到空气中等问题。大规模试验厂采用旋转炉设备,处理条件为:温度为 600℃,热解时间为 38.5 小时。疏浚物来源于阿姆斯特丹石油港口,脱水后为 680 吨。经过热解处理后,疏浚物中矿物油、PAH、汞的去除率分别为 99.8%、99.9%、80%。

热解处理的缺点是处理时易产生有害气体,必须配合一套废气净化处理设备来去除有害气体。热处理适合于处理大多数的有机物,但仅适合处理汞等挥发性



重金属，且处理费用昂贵，另外热处理设备对污泥粒径大小和污泥含水量要求较高<sup>[25]</sup>。

## (2) 生物降解法

生物降解法是用微生物来降解有机污染物，如矿物油、PAH、PCB和氯苯等。荷兰在1989~1997制定了POSW计划，由Vlerken<sup>[26]</sup>等人开展了从实验室到大规模的生物处理技术的研究，他们将生物降解技术分为四种：原地生物处理、填埋处置、土地处置和反应器处理，见图1-1。原地生物处理技术不用进行疏浚，直接在底泥处的水表面投加营养物、微生物等，经过一段时间沉到底泥里和底泥进行反应，主要为厌氧反应，其处理效率较差；填埋处置分两个步骤进行，先厌氧处理，脱水后进行好氧处理；土地处置法是在易排水的土地上铺上一层0.4~1.0m厚的疏浚物，由蒸发和排水使得疏浚物脱水逐渐干化，疏浚物厚度逐渐变薄，氧气更易扩散到疏浚物里，则开始进行好氧微生物降解；反应器处理是将疏浚物溶解在水里，进行机械曝气和搅拌，处理后疏浚物必须进行脱水。根据实验结果可知，疏浚物经过土地处置和反应器处理，PAH浓度均降低了60%~85%，矿物油浓度降低了60%~95%，同时沥出液的PAH浓度下降了99.9%。

美国 Tang<sup>[27]</sup>等人对疏浚物中 PCB 的去除进行了实验室研究，该实验模拟限定装置中疏浚物的光降解、生物转化和挥发，经过 5 个月周期性的搅拌，PCB 的去除率达 40%。实验结果表明，周期性搅拌对疏浚物中 PCB 的去除起了很大的作用，因为周期性搅拌可以使更多的疏浚物表面直接接触空气和阳光。PCB 的去除是由光降解、挥发和生物降解三者共同作用的结果。

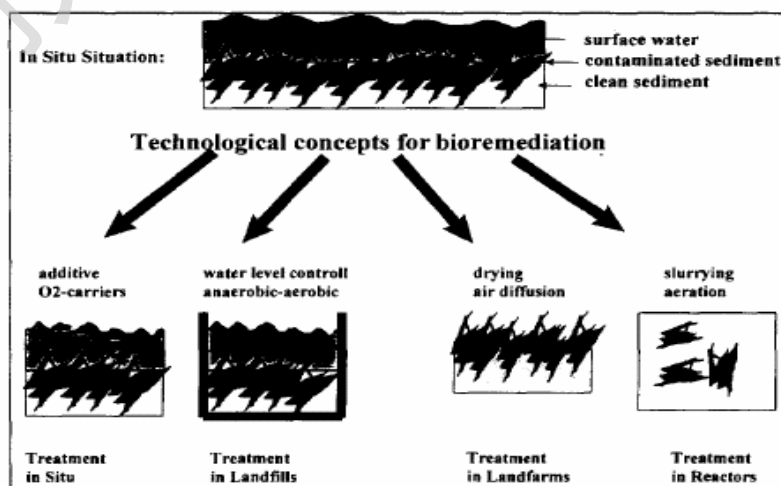


图1-2 四种生物处理技术<sup>[26]</sup>



Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库